

①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

①2 Offenlegungsschrift
①1 DE 37 18772 A1

⑤1 Int. Cl. 4:
C22C 38/48
C 21 D 7/00

②1 Aktenzeichen: P 37 18 772.4
②2 Anmeldetag: 4. 6. 87
②3 Offenlegungstag: 17. 12. 87

782 US 4880429
(Family)

DE 37 18772 A1

③0 Unionspriorität: ③2 ③3 ③1
10.06.86 US 872544

⑦1 Anmelder:
Stanadyne, Inc., Windsor, Conn., US

⑦4 Vertreter:
Grünecker, A., Dipl.-Ing.; Kinkeldey, H., Dipl.-Ing.
Dr.-Ing.; Stockmair, W., Dipl.-Ing. Dr.-Ing. Ae.E. Cal
Tech; Schumann, K., Dipl.-Phys. Dr.rer.nat.; Jakob,
P., Dipl.-Ing.; Bezold, G., Dipl.-Chem. Dr.rer.nat.;
Meister, W., Dipl.-Ing.; Hilgers, H., Dipl.-Ing.;
Meyer-Plath, H., Dipl.-Ing. Dr.-Ing.; Kinkeldey, U.,
Dipl.-Biol. Dr.rer.nat.; Bott-Bodenhausen, M.,
Dipl.-Phys. Dr.rer.nat.; Ehnold, A., Dipl.-Ing.;
Schoppe, F., Dipl.-Ing.Univ.; Schuster, T.,
Dipl.-Phys., Pat.-Anw., 8000 München

⑦2 Erfinder:
Birman, Stephen P., Mayfield Heights, Ohio, US;
Smith, Richard B., Elyria, Ohio, US; Thompson,
Richard L., Amherst, Ohio, US

⑤4 Kaltgezogener, rückgeschwefelter und rückphosphorierter Automaten-Stabstahl

Bekannte Stabstähle lassen in ihrer maschinellen Bearbeitbarkeit zu wünschen übrig. Dies zu verbessern ist Aufgabe der Erfindung.

Der kaltgezogene rückgeschwefelte und rückphosphorisierte Automaten-Stabstahl besitzt eine Zusammensetzung aus (in Gew.-%) c bis 0,08%; Mn 0,6% bis 1,4%; Si bis 0,1%, P mindestens 0,03%; S 0,25% bis 0,5%; Nb 0,01% bis 0,1%; V bis 0,1%; Summe aus Ni, Cr, Mo und Cu insgesamt bis 0,15%, Restanteil Eisen. Das Verhältnis %Mn/%S liegt zwischen 1,6 bis 4,0 und das Verhältnis (%Mn - 1,62 · %S)/%Nb liegt zwischen 2 und 50. Die Streckgrenze des Stabstahles wird weiterhin durch die Zugkraft beim Kaltziehen des Stabes aus dem warmgewalzten Zustand und durch die Größe und den Querschnitt des Stabes nach dem Kaltziehen bestimmt. Die Erfindung findet Anwendung bei Automatenstählen.

DE 37 18772 A1

Patentansprüche

1. Kaltgezogener, rückgeschwefelter und rückphosphorisierte Automaten-Stabstahl, dadurch gekennzeichnet, daß er folgende Zusammensetzung aufweist (in Gew.-%):

C bis 0,08%

Mn 0,6% bis 1,4%

Si bis 0,1%

P mindestens 0,03%

S 0,25% bis 0,5%

Nb 0,01% bis 0,1%

V bis 0,1%

Summe aus Ni, Cr, Mo und Cu insgesamt bis 0,15%, Restanteil Eisen und daß das Verhältnis von %Mn/%S zwischen 1,6 und 4,0 liegt und das Verhältnis $(\%Mn - 1,62 \times \%S)/\%Nb$ zwischen 2 und 50 liegt.

2. Stabstahl nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch einen Anteil von 0,03% bis 0,35% an Pb (in Gew.-%).

3. Stabstahl nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch einen Anteil an 0,005% bis 0,05% an Zr (in Gew.-%).

4. Stabstahl nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch einen Anteil von 0,05% bis 0,25% an Bi (in Gew.-%).

5. Stabstahl nach Anspruch 2, gekennzeichnet durch einen Anteil von 0,03% bis 0,15% an Pb und von 0,05% bis 0,15% an Bi (in Gew.-%).

6. Stabstahl nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch einen Anteil von 0,006% bis 0,012% an N (in Gew.-%).

7. Stabstahl nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch einen Anteil an 0,05% bis 0,25% an Bi und von 0,005% bis 0,05% an Te (in Gew.-%).

8. Stabstahl nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Anteil an Nb zwischen 0,01% und 0,04% (in Gew.-%) liegt und der Stab eine Streckgrenze von ungefähr 42 kN/cm² (60 ksi) aufweist.

9. Stabstahl nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Anteil an Nb zwischen 0,02% und 0,06% (Gew.-%) liegt und der Stab eine Streckgrenze von ungefähr 45 kN/cm² (65 ksi) aufweist.

10. Stabstahl nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Anteil an Nb zwischen 0,02 und 0,07% (Gew.-%) liegt und der Stab eine Streckgrenze von ungefähr 48 kN/cm² (70 ksi) aufweist.

11. Stabstahl nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Anteil an Nb zwischen 0,06% und 0,1% (Gew.-%) liegt und der Stab eine Streckgrenze von ungefähr 55 kN/cm² (80 ksi) aufweist.

12. Kaltgezogener, rückgeschwefelter und rückphosphorisierte Automaten-Stabstahl, dadurch gekennzeichnet, daß er aus einem warmgewalzten Stahldraht hergestellt ist und die folgende Zusammensetzung aufweist (in Gew.-%):

C bis 0,006%

Mn 0,6% bis 1,15%

Si bis 0,1%

P 0,03% bis 0,06%

S 0,25% bis 0,4%

Nb 0,01% bis 0,07%

Summe aus Ni, Cr, Mo und Cu insgesamt bis 0,15%, Restanteil Eisen, und daß das Verhältnis %Mn/%S zwischen 2,0 und 3,5 liegt und das Verhältnis $(\%Mn - 1,62 \times \%S)/\%Nb$ zwischen 2 und 50 liegt und daß der prozentuale Schwefelanteil (%S) gleich ist der gewünschten Streckgrenze in kN/cm² multipliziert mit 0,0061—0,0078).

13. Stabstahl nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Querschnittsverringering beim Kaltziehen des warmgewalzten Stabstahls zwischen 15% und 30% liegt, wobei der Stab eine Streckgrenze von 42 bis 55 kN/cm² aufweist.

14. Kaltgezogener, rückgeschwefelter und rückphosphorisierte Automaten-Stabstahl, dadurch gekennzeichnet, daß er aus einem warmgewalzten Stabstahl bis zu 5 cm (2 inches) Durchmesser hergestellt ist, wobei der Stabstahl die folgenden Zusammensetzung aufweist (in Gew.-%):

C bis 0,08%

Mn 0,7% bis 1,3%

Si bis 0,1%

P 0,03% bis 0,09%

S 0,28 bis 0,5%

Nb 0,02% bis 0,08%

Summe aus Ni, Cr, Mo und Cu insgesamt bis 0,15%, Restanteil Eisen, und daß das Verhältnis von %Mn/%S zwischen 2,0 und 3,2 und das Verhältnis $(\%Mn - 1,62 \times \%S)/\%Nb$ zwischen 4 und 41 liegt, wobei %S = 0,0065—0,0084) multipliziert mit der gewünschten Streckgrenze in kN/cm².

15. Kaltgezogener, rückgeschwefelter und rückphosphorisierte Automaten-Stabstahl, dadurch gekennzeichnet, daß der Stabstahl aus einem warmgewalzten Stabstahl mit einem Durchmesser von mindestens 5 cm (2 inches) hergestellt ist, wobei der Stahl folgende Zusammensetzung aufweist (in Gew.-%).

C bis 0,08%

Mn 0,8% bis 1,4%

Si bis 0,1%

P 0,03% bis 0,09%

S 0,3% bis 0,5%

Nb 0,02% bis 0,1%

V bis 0,1%

Summe aus Ni, Cr, Mo und Cu bis 0,15% Restanteil Eisen

und daß das Verhältnis $\%Mn/\%S$ zwischen 2,0 und 3,5 und das Verhältnis $(\%Mn - 1,62 \times \%S)/\%Nb$ zwischen 5 und 25 liegt, wobei $\%S = (0,0065 - 0,0091)$ multipliziert mit der gewünschten Streckgrenze in kN/cm^2 .

5

Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft einen kaltgezogenen, rückgeschwefelten und rückphosphorisierten Automaten-Stabstahl, insbesondere einen solchen Stabstahl, bestimmter chemischer Zusammensetzung, dessen Streckgrenze nicht nur durch die chemische Zusammensetzung sondern auch durch die Größe des Stabes nach dem Warmwalzen und die bei der Querschnittsverringerung des Stabes aufgebrauchte Zugkraft bestimmt wird.

10

Hauptziel der Erfindung ist ein kaltgeogener Automaten-Stabstahl der eingangs genannten Art, bei dem die mechanischen Eigenschaften des Stabes, insbesondere die Streckgrenze aufgrund der chemischen Zusammensetzung des Stabes, dessen Größe, dessen Querschnitt und der aufgebrauchten Zugkraft festgelegt werden kann.

15

Weiteres Ziel der Erfindung ist ein kaltgezogener Automaten-Stabstahl, bei dem der Anteil an Kohlenstoff reduziert wird, begleitet durch eine gesteuerte Menge von Niob, welches ein geeignetes Mittel für das Erreichen der angestrebten Streckgrenze für eine gewünschte Anwendung des Stabes ist, wenn der Stab gleichzeitig in seiner Größe und in seinem Verhältnis der Anteile seiner chemischen Zusammensetzung optimiert wird.

Weiteres Ziel der Erfindung ist ein kaltgezogener Automaten-Stabstahl, bei dem die erforderlichen Eigenschaften für eine verbesserte maschinelle Bearbeitung durch seine chemische Zusammensetzung und durch die mechanische Gestaltung des Stabes optimiert sind.

20

Noch ein Ziel ist ein rückgeschwefelter und rückphosphorisierte Automaten-Stabstahl mit exzellenten Zerspanungseigenschaften, die durch Optimieren des Verhältnisses zwischen der chemischen Zusammensetzung des Stahles, der Stahlherstellung, der Art des Kaltziehens und des Arbeitseinsatzes erreicht werden.

25

Es ist auch Ziel der Erfindung, ein Verfahren zur Herstellung eines kaltgezogenen Automaten-Stabstahls zu schaffen, unter Verwendung der chemischen Eigenschaften des Stabes, der Größe und der Art der Stahlherstellung, die für den Stab verwendet wurde, was anzuwenden ist, auf Kohlenstoffstähle, rückgeschwefelte und rückphosphorisierte Stähle, mikrolegierte Stähle und hochfeste Stähle.

Weiteres Ziel der Erfindung ist ein kaltgezogener Automaten-Stabstahl, bei dem die Anteile und die Verhältnisse von Mangan, Schwefel und Niob und das Muster der Deformation beim Kaltziehen gesteuert werden, um eine optimale maschinelle Bearbeitbarkeit vorzusehen.

30

Weitere Vorteile und Ziele der Erfindung werden aus der nachfolgenden Beschreibung und den Patentansprüchen deutlich.

Es ist gut bekannt, daß gewisse Elemente, wie z. B. Schwefel, Blei, Wismut, Tellur und Selen nützlich sind, um die maschinelle Bearbeitbarkeit von Stahl zu verbessern. Der Begriff maschinelle Bearbeitbarkeit bzw. Zerspanbarkeit ist komplex und nicht eine vollständig definierte Eigenschaft. Das Problem ist, daß man bei der Wirkung der Legierungszusammensetzung die plastische Verformung des Metallwerkstücks und die Zerspanungsdynamik nicht einfach erkennen kann aus der Art, in der die Legierung durch Zerspanungswerkzeuge bearbeitet wird, wie z. B. beim Drehen, Umformen, Bohren, Reiben, Ausbohren, Schälen und Gewindeschneiden. Es gibt hier eine Lücke in dem vorhandenen Wissen von Materialeigenschaften zwischen Testergebnissen, die herkömmlichen, nicht stationären Spannungsexperimenten erhalten wurden, und solchen Resultaten, die aus den Schnittkräften während des Bearbeitungsprozesses abgeleitet wurden.

35

40

Die Metallurgisten haben lange gesucht, um die maschinelle Bearbeitbarkeit von Automaten-Stabstählen zu verbessern durch Veränderung der chemischen Zusammensetzung, Optimierung der Größe, der Form, der Verteilung und der chemischen Zusammensetzung von Einschlüssen, um die Brüchigkeit der Späne zu verbessern und die Schmierfähigkeit an der Schnittstelle Werkzeug/Span zu erhöhen. Darüberhinaus ist es wünschenswert, die Bildung von Schleifpartikeln und Mikrobestandteilen zu verhindern, die sich in dem Stabstahl befinden. Um z. B. die maschinelle Bearbeitbarkeit zu verbessern, wurden verschiedene Mengen eines oder mehrerer solcher Elemente, wie z. B. Wismut und Tellur (US-PS 42 36 939), Blei, Wismut und Tellur und/oder Schwefel (US-PS 42 44 737), Tellur und Schwefel (US-PS 42 79 646) in rückgeschwefeltem und rückphosphorisiertem Automaten-Stabstahl eingesetzt. Solche Produkte haben jedoch den Bedarf an verbesserter maschineller Bearbeitbarkeit von Automatenstahl nicht vollständig befriedigt. Frühere Anstrengungen zum Erreichen einer verbesserten maschinellen Bearbeitbarkeit waren insbesondere auf die chemische Zusammensetzung gerichtet, weniger auf den Versuch, die chemische Zusammensetzung, die Zugkraft oder die prozentuale Querschnittsverringerung beim Kaltformen und die Größe und die Querschnittsfläche des Stabes zu optimieren. Die vorliegende Erfindung ist insbesondere darauf gerichtet, die verbesserte maschinelle Bearbeitbarkeit durch Kombinieren des optimalen Verhältnisses der chemischen Zusammensetzungen, insbesondere der Bestandteile Mangan, Schwefel und Niob mit der optimalen Größe und dem Querschnitt des Stabes wie auch mit dem Umfang der Kaltbearbeitung zu kombinieren. Somit sind in der vorliegenden Erfindung die chemische Zusammensetzung, die Zugkraft, die Größe und der Querschnitt des Stabes darauf gerichtet, spezielle Anwendungen der maschinellen Bearbeitbarkeit besonders gut zu ermöglichen.

45

50

55

60

Der kaltgezogene rückgeschwefelte und rückphosphorisierte Automaten-Stabstahl besitzt erfindungsgemäß eine chemische Zusammensetzung, in Gewichtsprozenten, aus C bis 0,08%, Mn 0,6% bis 1,4%, Si bis zu 0,1%, P mindestens 0,3%, S 0,25% bis 0,5%, Nb 0,01% bis 0,1%, V bis 0,1%, Summe aus Ni, Cr, Mo und Cu insgesamt bis 0,15% und den Restanteil Eisen. Das Verhältnis von Mangan, Schwefel und Niob ist besonders wichtig, um einen Stabstahl mit den entsprechenden chemischen Eigenschaften zu erhalten und um die Streckgrenze eines bestimmten Stabes zu bestimmen. Das Verhältnis zwischen $\%Mn/\%S$ liegt somit zwischen 1,6 bis 4,0 und das

65

Verhältnis von $(\%Mn - 1,62 \times \%S)/\%Nb$ zwischen 2 und 50.

Die Streckgrenze des Stabes und somit auch seine maschinelle Bearbeitbarkeit wird durch das Rohmaterial, die Größe und die Zugkraft beim Kaltziehen bestimmt. Als Rohmaterial kommen, wenn man die aus den Walzwerken ersähtlichen Produkttypen betrachtet, Walzdraht und Stabstähle bis zu 5 cm (2 inches) Durchmesser und Stabstähle mit einem Durchmesser von mindestens 5 cm (2 inches) in Betracht. Dieses Ausgangsmaterial wird, nachdem es auf die spezifische Größe gewalzt wurde und in entsprechende Längen geschnitten wurde, kaltgezogen, wobei der Zugkraft bzw. der Querschnittsverringerung beim Kaltziehen eine sehr große Bedeutung bei der Festlegung der Streckgrenze des fertigen Stabes zukommt.

Kohlenstoffanteil bis 0,08%

Betrachtet man die Rolle der verschiedenen chemischen Elemente in der Zusammensetzung und ihren Einfluß auf die maschinelle Bearbeitbarkeit und die Leistungsschwierigkeit des Stahles, so ist ein verringerter Kohlenstoffanteil wesentlich, um eine niedrige Kalthärtung und Kaltverfestigung des dem Kaltziehen und dem Zerspanen zu unterwerfenden Stahles. Ein geringer Kohlenstoffanteil, der zu einer geringen Zugfestigkeit in einem rückgeschwefelten und rückphosphorisierten Stahl führt, schafft, wenn er mit der Summe der übrigen Elemente, wie Nickel, Chrom, Molybdän und Kupfer, deren Summe insgesamt 0,15% nicht übersteigt, ein Produkt mit relativ geringer Duktilität und einer verstärkten Brüchigkeit des an der Schnittstelle Werkzeug-Werkstück gebildeten Spanes. Wenn der Anteil der übrigen Elemente über den obenangegebenen Level steigt und der reduzierte Kohlenstoffanteil beibehalten wird, bekommt das Produkt eine erhöhte Duktilität und der Span wird weniger brüchig, was bei automatengefertigten Produkten nachteilig ist. Wenn darüberhinaus der Kohlenstoffanteil über 0,08% ansteigt verstärkt sich die Bildung von Schleifpartikeln. Ein solcher Anstieg erzeugt so was ähnliches wie eine erhöhte Bruchbelastung und einen Anstieg der Oberflächenhärte, insbesondere bei kaltgezogenen hexagonalen Stäben.

Mangan-Anteil von 0,6% bis 1,4%

Der spezifische Anteil an Mangan ist wichtig für die Bildung auf Mangansulfid basierenden Einschlüssen, welche einen Einfluß auf die Standzeit des Werkzeuges ausüben. Mangan fördert die Härtebarkeit und erhöht die Zugfestigkeit kaltgezogener Stabstähle. Der tatsächliche spezifische Anteil von Mangan in einen bestimmten Stab ist abhängig von dem Durchmesser des Stabstahls, der erforderlichen mechanischen Eigenschaften für den Stab und der vorgesehenen Art der Bearbeitung. Der Mangananteil wird bei einem Anstieg der Größe des Stabes und bei einem Anstieg der beabsichtigten Streckgrenze ebenfalls erhöht.

Silizium-Anteil bis 0,1%

Der Siliziumanteil sollte unterhalb 0,1% liegen, da ein erhöhter Anteil von Silizium den Anteil von Schleifsilikaten in dem fertigen Produkt erhöht.

Schwefel-Anteil von 0,25% bis 0,5%

Schwefel ist ebenfalls erforderlich für die Bildung von mangansulfideinschlüssen, weshalb der Schwefelanteil mindestens bei 0,25% liegen sollte. Die genaue Zugabe von Schwefel in einem bestimmten Stab hängt von dessen Größe und von dem Mangananteil ab. Der minimale Schwefelanteil wird verwendet bei Walzdraht als Rohmaterial, während der maximale Schwefelanteil erforderlich ist für Stabstähle großen Durchmessers als Ausgangsmaterial, bei denen eine erhöhte Streckgrenze bis zu ungefähr 55 kN/cm² (80 ksi) angestrebt wird. Ein noch höherer Anteil an Schwefel erzeugt Warmbrüchigkeit und eine geringere Duktilität. Ein Anteil von 0,5% Schwefel ist daher die obere Grenze für die hierin offenbarten Produkte.

Phosphor-Anteil mindestens 0,03%

Phosphor ist wichtig zur Verbesserung der Glätte der bearbeiteten Oberfläche, also zur Verbesserung der Oberflächengüte. Allerdings kann Phosphor auch die Kalthärtung und die Härte der beim Zerspanen gebildeten Späne erhöhen. Daher muß der Phosphoranteil von den handelsüblichen Stäben dieses Typs (Phosphorgehalt üblicherweise bis zu 0,09%) verringert werden, um bei einem kaltgezogenen Stabstahl mit erhöhter Zugfestigkeit ein Hochgeschwindigkeitszerspanen durchführen zu können.

Niob-Anteil von 0,01% bis 0,1%

Niob ist bei dem vorliegenden Stahl wesentlich zur Erhöhung der Zugfestigkeit und zur Steuerung der mechanischen Eigenschaften über die Dicke des Stabes und zur Reduzierung der Zähigkeit des Spanes. Der spezifische Anteil von Niob ist abhängig von den unterschiedlichen, gewünschten Streckgrenzen und der Stabgröße. Niob fördert die Härtebarkeit und erhöht die Kalthärtung des Kerns bei kaltgezogenen Stäben großen Durchmessers. Niob-haltige Stähle können mit einer verringerten Zugkraft kaltgezogen werden, um eine minimale Verfestigung der Oberfläche und eine wesentliche Verfestigung des Kernes zu erhalten. Ein höherer als der obenbeschriebene Anteil an Niob bewirkt ein extremes Ansteigen der Festigkeit, wodurch die Werkzeugstandzeiten verringert werden.

Vanadium-Anteil bis 0,1 %

Vanadium sorgt für eine Verbesserung der mechanischen Eigenschaften von der Oberfläche zum Kern des Stabstahles insbesondere bei kaltgezogenen Stabstählen großen Durchmessers. Wenn der Vanadium-Anteil den obenangegebenen Anteil übersteigt, leiden darunter die Zerspanungseigenschaften des Stabes.

Anteil der übrigen Elemente bis zu 0,15%

Die übrigen Elemente Nickel, Chrom, Molybdän und Kupfer sind im allgemeinen schädlich für die maschinelle Bearbeitbarkeit, da sie die Zugfestigkeit und die Duktilität erhöhen und die Bildung von Schleifpartikeln fördern; das sind alles Eigenschaften, die die maschinelle Bearbeitbarkeit eines Stahles verringern. Der Anteil der übrigen Elemente muß daher in dem angegebenen Bereich gehalten werden.

Das prozentuale Verhältnis von Mangan zu Schwefel ($\%Mn/\%S$) sollte zwischen 1,6 bis 4,0 liegen. Dieses Verhältnis legt den Anteil von in freier Lösung vorliegendem Mangan und den Anteil von Eisensulfid-Einschlüssen (FeS) fest.

Das Verhältnis zwischen Mangan, Schwefel und Niob, angegeben als $(\%Mn - 1,62 \times \%S)/\%Nb$ legt die relative Verteilung von Mangan und Niob für die Verfestigung des Produktes fest. Mangan wirkt sich auf die Zugfestigkeit über die Änderung der Kinetik der Austenitiserlegung aus, während Niob die Korngröße verringert und die Kaltaushärtung fördert. Das angegebene Verhältnis variiert abhängig von der Größe des Walzproduktes, dem Betrag der Zugkraft während der Querschnittsverringern beim Kaltziehen und der gewünschten Zugfestigkeit bei der letzten Anwendung des Stabstahles.

Zusätzlich zu den beschriebenen Elementen wird die maschinelle Bearbeitbarkeit verbessert durch das Hinzufügen eines oder mehrerer folgender Elemente (in Gew.-%): Blei von 0,03% bis 0,35%; Zirkon von 0,005% bis 0,05%; Wismut von 0,05% bis 0,25%; Blei von 0,03% bis 0,15% und Wismut von 0,05% bis 0,15%; Stickstoff von 0,006% bis 0,012%; Wismut von 0,05% bis 0,25% und Tellur von 0,005% bis 0,5%. Zirkon erhöht die maschinelle Bearbeitbarkeit durch Förderung der kugelförmigen Mangan-Sulfid-Einschlüsse (MnS), während Stickstoff die Brüchigkeit der Späne fördert, was das Bohren erleichtert.

Die folgenden Tabellen zeigen das Verhältnis zwischen den Anteilen an Mangan, Schwefel und Niob und dem warmgewalzten Rohmaterial; d. h., ob es sich dabei um einen Walzdraht, einen warmgewalzten Stabstahl bis zu 5 cm (2 inches) im Durchmesser oder um einen warmgewalzten Stabstahl mit einem Durchmesser von mindestens 5 cm (2 inches) handelt. Die Tabellen geben die sich aus den bestimmten Kombinationen der Elemente ergebende Streckgrenze für bestimmte Produkte an.

Tabelle 1 zeigt das Verhältnis zwischen der Streckgrenze, dem prozentualen Mangan-Anteil, dem prozentualen Niob-Anteil, dem prozentualen Schwefel-Anteil und im Verhältnis dieser drei Elemente bei Anwendung auf einen Walzdraht, der in kaltgezogene Stabstähle geformt werden soll, in einem Streckgrenzen-Bereich von 42 bis 55 kN/cm² (60 bis 80 ksi).

Die Tabelle 2 bezieht sich auf die spezifischen Anteile an Mangan, Schwefel und Niob für warmgewalzte Stabstähle bis zu 5 cm (2 inches) Durchmesser und zeigt auch die Auswirkung auf die Streckgrenze der prozentualen Querschnittsverringern beim Kaltziehen.

Die Tabelle 3 entspricht der Tabelle 2 und zeigt dieselben Informationen für warmgewalzte Stabstähle mit einem Durchmesser von mindestens 5 cm (2 inches).

Tabelle 1

Spezifische Anteile an Mangan (Mn), Schwefel (S) und Niob (Nb) für Walzdraht, der für kaltgezogene Stabstähle bestimmt ist in einem Streckgrenzenbereich von 42 bis 55 kN/cm² (60 bis 80 ksi)

Streck- grenze kN/cm ²	Mangan Mn %	Niob Nb %	Schwefel S %	% Mn - 1,62 × % S % Nb
42	0,65	0,010 0,020	0,25 bis 0,32	13 bis 25 6,5 bis 12,5
42	0,75	0,010 0,020	0,25 bis 0,32	23 bis 35 12,5 bis 17,5
45	0,70	0,020 0,045	0,28 bis 0,35	5 bis 12,5 2 bis 5
45	0,90	0,020 0,045	0,28 bis 0,35	15 bis 22,5 6,5 bis 10
48	0,75	0,035 0,055	0,30 bis 0,38	3,5 bis 7 2,5 bis 4,5
48	1,00	0,035 0,055	0,30 bis 0,38	10 bis 14,5 7 bis 9
55	1,05	0,060 0,080	0,32 bis 0,40	6,5 bis 8,5 5 bis 6
55	1,15	0,060 0,080	0,32 bis 0,40	8 bis 10 6 bis 8,5

Tabelle 2

Spezifische Anteile von Mangan (Mn), Schwefel (S) und Niob (Nb) für warmgewalzte Stabstähle bis zu 5 cm Durchmesser, die bestimmt sind für kaltgezogene Stabstähle in einem Streckgrenzenbereich von 42 bis 55 kN/cm² (60 bis 80 ksi)

Streck- grenze kN/cm ²	Mangan Mn %	Niob Nb %	Schwefel S %	$\frac{\% \text{ Mn} - 1,62 \times \% \text{ S}}{\% \text{ Nb}}$	Querschnitts- verringierung beim Kaltziehen %
42	0,70	0,010	0,28–0,35	13,3 bis 25	5 bis 9
		0,020		6,5 bis 12,5	
42	0,90	0,010	0,28–0,35	33 bis 45	4 bis 8
		0,020		16,5 bis 22,5	
45	0,8	0,010	0,30–0,38	18 bis 31	5 bis 10
		0,020		9 bis 15,5	
45	1,0	0,010	0,30–0,38	38 bis 51	4 bis 9
		0,020		19 bis 25,5	
48	0,9	0,040	0,32–0,40	6,2 bis 9,5	5 bis 9
		0,060		4,2 bis 6,3	
48	1,1	0,040	0,32–0,40	11,3 bis 14,5	4 bis 8
		0,060		7,5 bis 9,7	
55	1,1	0,070	0,36–0,44	5,6 bis 7,4	5 bis 10
		0,090		4,3 bis 5,7	
55	1,3	0,070	0,36–0,44	8,4 bis 10,3	4 bis 8
		0,090		6,6 bis 8,0	

Tabelle 3

Spezifischer Anteil an Mangan (Mn), Schwefel (S) und Niob (Nb) für warmgewalzte Stahlstäbe von mindestens 5 cm Durchmesser, die bestimmt sind für kaltgezogene Stabstähle mit einem Streckgrenzenbereich von 42 bis 55 kN/cm² (60 bis 80 ksi)

Streckgrenze kN/cm ²	Mangan Mn %	Niob Nb %	Schwefel S %	$\frac{\% \text{ Mn} - 1,62 \times \% \text{ S}}{\% \text{ Nb}}$	Querschnitts- verringern beim Kaltziehen %
42	0,8	0,020 0,040	0,30-0,38	9 bis 15,7 4,5 bis 7,8	5 bis 6
42	1,0	0,020 0,040	0,30-0,38	19 bis 25,7 8,5 bis 12	4 bis 5
45	0,9	0,030 0,050	0,32-0,40	8,3 bis 12,7 5 bis 7,6	5 bis 6
45	1,1	0,030 0,050	0,32-0,40	15 bis 19,3 9 bis 11,6	4 bis 5
48	1,1	0,040 0,060	0,32-0,40	11,2 bis 14,5 7,5 bis 9,7	5 bis 6
48	1,3	0,040 0,060	0,32-0,40	16,3 bis 19,5 10,8 bis 13	4 bis 5
55	1,2	0,080 0,10	0,36-0,44	6,1 bis 7,8 4,9 bis 6,2	5 bis 6
55	1,4	0,080 0,10	0,36-0,44	8,6 bis 10,3 6,9 bis 8,2	4 bis 5

Im folgenden werden weitere spezifische Beispiele von erfindungsgemäß hergestellten Produkten beschrieben.

Beispiel 1:

Bahngewalzter Drahtstahl mit (in Gew.-%)

C bis 0,06%

Mn 0,6% bis 1,5%

Si bis 0,1%

P 0,03% bis 0,06%

S 0,25% bis 0,4%

Nb 0,01% bis 0,07%

Summe aus Ni, Cr, Mo und Cu insgesamt bis 0,15%, Restanteil Eisen.

Das Verhältnis von $(\% \text{ Mn} - 1,62 \times \% \text{ S}) / \% \text{ Nb}$ liegt zwischen 2,0 bis 22,5 und das prozentuale Verhältnis $\% \text{ Mn} / \% \text{ S}$ zwischen 2,0 bis 3,5. Der prozentuale Schwefelanteil wird weiterhin bestimmt durch Multiplizieren der gewünschten Streckgrenze in kN/cm² mit (0,0061 bis 0,0078) oder in ksi mit (0,0042 bis 0,0054).

Beispiel 2:

Ein warmgewalzter Stabstahl mit einem Durchmesser bis zu 5 cm (2 inches) umfaßt (in Gew.-%)

C bis 0,08%

Mn 0,7% bis 1,30%

Si bis 0,1%

P 0,03% bis 0,09%

S 0,28% bis 0,5%

Nb 0,02% bis 0,08%

V bis 0,1%

Summe aus Ni, Cr, Mo und Cu insgesamt bis 0,15%, Restanteil Eisen.

Das Verhältnis $(\%Mn - 1,62 \times \%S)/\%Nb$ liegt dabei zwischen 4 bis 51 und das Verhältnis von $\%Mn/\%S$ zwischen 2,0 und 3,2. Der prozentuale Anteil an Schwefel wird weiterhin eingegrenzt durch Multiplizieren der gewünschten Streckgrenze in kN/cm^2 mit (0,0065 bis 0,0084) oder in ksi mit (0,0045 bis 0,0058).

Beispiel 3:

Ein warmgewalzter Stabstahl mit einem Durchmesser von mindestens 5 cm (2 inches) umfaßt (in Gew.-%):

C bis 0,08%

Mn 0,8% bis 1,4%

Si bis 0,1%

P 0,03% bis 0,9%

S 0,3% bis 0,5%

Nb 0,02% bis 0,1%

V bis 0,1%

Summe aus Ni, Cr, Mo und Cu insgesamt bis 0,15%, Restanteil Eisen.

Das Verhältnis $(\%Mn - 1,62 \times \%S)/\%Nb$ liegt zwischen 5 bis 25 und das Verhältnis von $\%Mn/\%S$ zwischen 2,0 und 3,5. Der prozentuale Schwefelanteil wird weiter festgelegt durch Multiplizieren der gewünschten Streckgrenze in kn/cm^2 mit (0,0065 bis 0,0092).

Die prozentualen Anteile an Mangan, Schwefel und Niob steigen an mit einem Anstieg der gewünschten Streckgrenze des Produktes. Der Beitrag an Niob an der Verfestigung des Stabstahles steigt ebenso mit einem Anstieg der beabsichtigten Streckgrenze des Produktes an. Eine ausgezeichnete maschinelle Bearbeitung beim Hochgeschwindigkeitsbohren und Umformen wird erreicht, wenn kaltgezogene Stabstähle mit einer Streckgrenze von 42 bis 45 kN/cm^2 (60 bis 65 ksi) verwendet werden. Eine verbesserte Oberflächengüte wird erreicht bei Verwendung kaltzogener Stabstähle mit einer Streckgrenze von 45 bis 48 kN/cm^2 (65 bis 70 ksi).

Ein wichtiger Aspekt der vorliegenden Erfindung liegt in der Tatsache, daß die Stabstähle mit verschiedenen maschinellen Bearbeitungskonstruktionen, -fähigkeiten und -Anwendungen aus dem Bereich der Kombination der hierin offenbarten mechanischen und chemischen Eigenschaften eines Stabstahles ausgesucht werden können. Die prozentuale Querschnittsverringerng beim Kaltziehen hat in ähnlicher Weise eine wesentliche Einwirkung auf die Streckgrenze. Die Streckgrenze hängt direkt von der prozentualen Querschnittsverringerng beim Kaltstrecken, von der Art des warmgewalzten Ausgangsmateriales, von dem Anteil an Mangan, Niob und Schwefel ab.

- Leerseite -